

Aus der Sektion Physik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock

Direktor: Prof. Dr. sc. H. Ulbricht

## Zur Geschichte der Elektrolytforschung an der Universität Rostock \*)

von W. Ebeling, P. Jakubowski, R. Mahnke, E. Rogmann

### 1. Einleitung

Als Elektrolyte bezeichnet man elektrisch leitende Flüssigkeiten oder feste Körper, in denen der Stromtransport zum überwiegenden Teil auf die Wanderung von Ionen zurückzuführen ist. Diese spezielle Art des Leitvermögens zeigen z. B. Salze in wässriger Lösung, aber auch in der Schmelze und im kristallinen Zustand. Elektrolyte spielen in der modernen Technik eine so große Rolle, daß sie einem ganzen Industriezweig, der elektrochemischen Industrie, einen Namen gegeben haben. Auch für den Ablauf aller Lebensprozesse, die ohne Beteiligung von Ionen undenkbar wären, spielen die Elektrolyte eine fundamentale Rolle. Diese wenigen Hinweise mögen zur Rechtfertigung einer besonderen Untersuchung der Geschichte dieser wichtigen interdisziplinären Forschungsrichtung an der Universität Rostock dienen. Die Traditionen der Elektrolytforschung an der Universität Rostock gehen bis auf den berühmten Gelehrten Joachim JUNGIUS (1587–1657) zurück, der heute als einer der Wegbereiter der Naturwissenschaften der Neuzeit gewürdigt wird [1, 2]. Joachim JUNGIUS, der 1624 auf eine Professur für Mathematik an der Universität Rostock berufen wurde, hat die Demokritische Atomhypothese wiederbelebt und die kleinsten durch Teilung stofflicher Materie entstehenden Partikel als materielle Einheiten anerkannt. Durch Betrachtungen der Vorgänge zwischen metallischen Elektroden und Metallsalzlösungen am Beispiel der Verkupferung von Eisen in Kupfervitriol hat er einige Grundvorstellungen der Elektrochemie antizipiert. Nach JUNGIUS findet bei der Verkupferung keine gegenseitige Umwandlung von Eisen in Kupfer statt, sondern es geht ein stofflicher Austausch zwischen Lösung und Metallelektrode vor sich. Diese Erkenntnis bedeutete einen erheblichen Fortschritt in der materialistischen Deutung dieses Prozesses. Während mit diesen bahnbrechenden Ideen die Wissenschaftler der Universität Rostock im 17. Jahrhundert noch an der Spitze der zeitgenössischen Elektrolytforschung standen,

geht die Entwicklung des 18. und 19. Jahrhunderts im wesentlichen ohne Beteiligung Rostocker Gelehrter vorüber. Erst in unserem Jahrhundert wird insbesondere durch die großen Leistungen von Adolf HEYDWEILLER (1856–1925), Paul WALDEN (1863–1957), Hermann ULICH (1845–1945), Walter SCHOTTKY (geb. 1886) und Hans FALKENHAGEN (1895–1971) wieder eine neue Tradition durch Forschungsergebnisse von internationalem Rang geschaffen. 1908 begründet A. HEYDWEILLER diese Tradition am Physikalischen Institut. In den folgenden Jahren stehen experimentelle Arbeiten zur Elektrolytforschung im Vordergrund. Wesentliche Beiträge kommen seit 1908 aus der von P. WALDEN gegründeten physiko-chemischen Abteilung des chemischen Instituts. WALDEN's Schüler H. ULICH führt diese Arbeiten weiter. Mit der Berufung W. SCHOTTKY's an die Universität Rostock verlagert sich das Schwergewicht auf die Theorie der Elektrolyte. Nach 1949 setzen H. FALKENHAGEN und seine Mitarbeiter die Elektrolytforschung fort, wobei besonderer Wert auf das Zusammenwirken von Experiment und Theorie gelegt wird. Gegenwärtig wird die Theorie der Elektrolyte, basierend auf den allgemeinen Methoden der Statistischen Physik, an der Sektion Physik unter Leitung der Professoren G. KELBG, H. ULBRICHT und W. EBELING intensiv fortgeführt und durch experimentelle Untersuchungen ergänzt.

### 2. Adolf Heydweiller

#### 2.1. Lebensdaten

15. 1. 1856	in Krefeld geboren.
1874	Studienbeginn an der TH Hannover und an den Universitäten Leipzig und Berlin
1874/75	Militärdienst
1881/82	Kandidat des höheren Lehramtes am Realgymnasium Giessen
1883/85	Assistent am Institut di Studii Superiori Florenz
1886/90	Assistent am Physikalischen Institut der Universität Würzburg
1886	Promotion

\*) Die vorliegende Arbeit basiert auf den Untersuchungen eines sozialistischen Studentenzirkels (P. J., R. M. und E. R.) zur „Geschichte der Physik“.

1887	Habilitation
1887/93	Privatdozent
1893/95	Privatdozent an der Universität Straßburg
1895/1901	a. o. Professor an der Universität Breslau
1901/06	o. Professor an der Universität Münster
1908/21	o. Professor an der Universität Rostock. Berufung zum Direktor des Physikalischen Instituts
1909/10	Leitung des Neubaus des Physikalischen Institutes an der Universität Rostock
1911	Gründung der Luftwarte Friedrichshöhe
1911	Eröffnung des Physiko-chemischen Labo- ratoriums an der Universität Rostock
1921	Entlastung von den Aufgaben an der Universität Rostock und Umzug nach München.
31. 12. 1925	verstorben.

## 2.2 Wissenschaftliche Tätigkeit

Adolf Heydweiller wurde im Jahre 1908 an die Universität Rostock berufen, wo er als Nachfolger Ditericis die Leitung des Physikalischen Institutes übernahm [4]. Er war schon damals ein bekannter Experimentalphysiker und verfügte über Erfahrungen im Institutsneubau (ein nicht unwesentlicher Grund für seine Berufung, wie aus den Akten hervorgeht). Schon in den Jahren 1909/10 begann unter seiner Leitung der längst fällige Neubau des Physikalischen Institutes, das nach einigen Schwierigkeiten am 26. 9. 1910 seiner Bestimmung übergeben werden konnte. Auch an der Errichtung und wissenschaftlichen Arbeit der 1911 gegründeten Luftwarte in Friedrichshöhe hatte Prof. Heydweiller bedeutenden Anteil. Seine Hauptaufgaben lagen jedoch in der Lehre und Forschung. Prof. Heydweiller hielt seine Vorlesungen in zwei Zyklen: Im Wintersemester las er über Magnetismus, Elektrizität und Optik, im Sommersemester Allgemeine Physik, Akustik und Wärme. Dazu kamen Übungen und Seminare, die gemeinsam mit den Mathematikern gestaltet wurden.

In seiner Forschertätigkeit hatte sich Heydweiller anfangs verschiedenen Problemen der Elektrik gewidmet. Seit den 90iger Jahren nahm er in fruchtbarer Zusammenarbeit mit Friedrich Kohlrausch die Untersuchungen auf dem Gebiet der Elektrolytforschung auf. In Rostock erfahren diese Arbeiten eine bedeutende Intensivierung. Zunächst geht es Heydweiller und seinen Mitarbeitern um die Präzisierung und Erweiterung der vor rund 15 Jahren ermittelten Werte für die Ionisationswärme und Ionisationskonstante des Wassers. Dabei geht er von Arrhenius' Theorie aus, die das Massenwirkungsgesetz auch für starke Elektrolyte voraussetzt, eine Annahme, die später korrigiert werden mußte. Die ermittelten Korrekturfaktoren für die Neutralisationswärme stimmen jedoch sehr gut mit den Erfahrungen anderer Wissenschaftler, z. B. Noyes überein und erlaubten es, die Werte für Ionisationskonstante und -wärme des Wassers neu zu berechnen und innerhalb der Fehlergrenzen bis 200 °C zu extrapolieren.

In der Folgezeit widmet sich Heydweiller im Verein mit seinen Schülern der Untersuchung physikalischer Eigenschaften von Lösungen [4]. Von besonderem Interesse sind dabei der Zusammenhang verschiedener Eigenschaften sowie der Anteil der Ionen daran. In

der Zeit von 1900 bis 1916 wurden dabei folgende Probleme untersucht:

- Dichte und elektrisches Leitvermögen
- Oberflächenspannung und elektrisches Leitvermögen wässriger Salzlösungen
- Dichtemoduln der Ionen im Wasser
- Refraktion, Dispersion und Dissoziation von Salzen im Wasser
- Ultraviolette Dispersion von Salzen im Wasser.

Auch hier sind die Vorarbeiten Kohlrausch's Ausgangsbasis der Untersuchungen. Durch die Verbesserung der Experimentiertechnik wird eine bedeutende Verfeinerung der Beobachtungen erreicht. Die experimentellen Arbeiten sind sehr umfangreich und wurden mit größter Genauigkeit durchgeführt. Es werden z. B. Dichtemessungen an 28 Salzlösungen unterschiedlicher Konzentration und bei verschiedenen Temperaturen vorgenommen. Dabei ließ sich ein linearer Zusammenhang zwischen dem relativen Dichtezuwachs gegen Wasser und dem elektrischen Leitvermögen nachweisen. Die Regel der allgemeinen Addition der Ioneigenschaften konnte bestätigt werden. Ausnahmen führte Heydweiller auf Hydratation bzw. Neigung zur Komplexbildung zurück.

Adolf Heydweiller erwarb sich nicht nur bei der Erforschung der mechanischen, thermodynamischen und optischen Eigenschaften der Elektrolyte große Verdienste als fähiger Experimentalphysiker, aufmerksam verfolgte er auch die Entwicklung der Theorie. Die letzten Jahre seines Schaffens widmete er u. a. Untersuchungen der experimentellen Bestätigung der Quantentheorie, die damals gerade im Entstehen begriffen war [5]. Nach dieser Theorie bestehen Beziehungen zwischen der Wärmetönung chemischer Reaktionen und der gleichzeitigen Änderung der optischen Eigenschaften. Anregung für Heydweillers Untersuchungen war die Elektronenoptik elektrolytischer Lösungen von F. Haber, wonach sich die optischen Veränderungen bei Ionisationen vollständig auf Änderungen der Schwingungszahlen der Valenzelektronen zurückführen lassen.

Zur Prüfung der Theorie verwendete Heydweiller H- und OH-Ionen, da diese Prozesse meßtechnisch gut erfassbar sind. Bei den Untersuchungen stützt er sich auf Drudes Elektronentheorie sowie drei zusätzliche Postulate, wonach

- (1) nur ein loses Valenzelektron existiert, welches optische Veränderungen verursacht
- (2) nur Änderungen der Schwingungszahlen dieses Valenzelektrons auftreten
- (3) das Verhältnis  $(e/m)$  bei den ablaufenden Prozessen konstant bleibt.

Durch Verwendung modernster Meßtechnik konnte eine hohe Genauigkeit erreicht werden und es wurde ein positives Resultat erzielt: die berechneten Werte für die Schwingungszahlen der Valenzelektronen stimmten mit den experimentell ermittelten bestens überein. Dieses Resultat bedeutet eine experimentelle Bestätigung der derzeitigen theoretischen Vorstellungen der Quantentheorie, der Elektronentheorie und der Postulate über das optische Verhalten von Elektrolyten.

Mit diesen Untersuchungen hatte Heydweillers Schaffen auf dem Gebiet der Elektrolytforschung seinen Höhepunkt erreicht. Daneben war Adolf Heydweiller Mitherausgeber eines Lehrbuches von Friedrich Kohl-

rausch, Verfasser biographischer Abhandlungen über einige bedeutende Naturforscher wie Fr. Kohlrausch, W. Hittorf. Eine Vielzahl von Veröffentlichungen zu verschiedensten allgemeinen und speziellen physikalischen Problemen zeugt von einer regen Forschungstätigkeit.

In den Jahren nach 1916 setzten die Belastungen durch den 1. Weltkrieg sowie der sich verschlechternde Gesundheitszustand dem weiteren Wirken Heydweillers Grenzen. Im Oktober 1921 wird er auf eigenen Wunsch von seinen Pflichten entbunden und tritt in den Ruhestand. Seine Arbeiten in der Elektrolytforschung wurden in der Folgezeit von dem Chemiker Paul Walden in Rostock weitergeführt.

### 3. Paul Walden

#### 3.1 Lebensdaten

26. 7. 1863 in Rosenbeck bei Riga als Sohn eines Landwirtes geboren

WS 1882–88 Studium der Chemie am Polytechnikum in Riga als Schüler von W. Ostwald und K. A. Bischof

1889 Abschluß als Diplom-Ingenieur, Tätigkeit als Chemiker in Riga

SS 1890 u. SS 1891 Fortsetzung der Studien an der Universität Leipzig bei W. Ostwald

1891 Promotion bei W. Ostwald in Leipzig zum Dr. phil. mit summa cum laude

SS 1893 Studienaufenthalt an der Universität München, danach Rückkehr nach Rußland

1893 Mag. chem. (Magistergrad) an der Universität Odessa

1894 Prof. für physikalische und analytische Chemie am Polytechnikum in Riga

1899 Promotion zum Dr. chem. an der Universität St. Petersburg

1899–1919 ord. Prof. für allg. Chemie am Polytechnikum in Riga

1910 ord. Mitglied der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg (neben der Professur in Riga)

1919 Erster Rektor der aus dem Polytechnikum hervorgegangenen Lettischen Universität Riga der sozialistischen Sowjetrepublik Lettland. Emigriert nach der Errichtung eines bürgerlich-nationalistischen Regimes in Lettland

Okt. 1919–1934 ord. Prof. für Chemie an der Universität Rostock

1925 Ehrengast bei der 200-Jahr-Feier der Akademie der Wissenschaften zu Leningrad

1927–März 28 Austauschprofessur an der Cornell-Universität in Ithaca (USA)

1927 Wahl zum Ehrenmitglied der sowjetischen Akademie der Wissenschaften zu Leningrad

1929 Dr. Ing. h.c. der TH Stuttgart

1932 Dr. med. h.c. der Universität Rostock

1934 Teilnahme an der von der sowjetischen Akademie der Wissenschaften zu Leningrad organisierten 100-Jahr-Feier von Mendelejews Geburtstag neben O. Hahn und L. Meitner

1934 Dr. sc. h. c. der Universität Madrid. Verschiedene Berufungen u. a. nach Riga und Leningrad abgelehnt. Emeritierung.

1934–42 Als Emeritus in Rostock Beschäftigung mit der Geschichte der Chemie und dem Thema „Goethe und die Chemie“ (1934 – Goethe-Medaille).

1942 Bei einem Luftangriff wurde Waldens Wohnung und seine Bibliothek (10 000 Bände) in der heutigen August-Bebel-Straße in Rostock total zerstört.

1942–47 Aufenthalt in Bühl/Baden, danach Frankfurt/Main.

1946 Zur feierlichen Wiedereröffnung der Universität Rostock am 25. Februar 1946 wurde Walden vom damaligen Rektor, Prof. Rienäcker, eingeladen.

1947 Übersiedlung nach Gammertingen/Württemberg; Gastprofessur an der Universität Tübingen für Geschichte der Chemie.

1950 Dr. rer. nat. h. c. der Universität Tübingen

22. 1. 1957 im Alter von 93 Jahren verstorben in Gammertingen.

#### 3.2. Wissenschaftliche Tätigkeit

Paul Walden gehört zu den überragenden Forschern auf dem Gebiet der Elektrochemie. Er verliert seine Eltern schon im Alter von 1½ Jahren und wird in einem Pensionat in Cesis erzogen. Über seine Nationalität schweigt Walden und gibt z. B. auf dem Fragebogen eines internationalen Kongresses an: Nationalität: Chemiker. Stradin macht anhand des Taufbuches und von Berichten seiner Zeitgenossen die lettische Herkunft wahrscheinlich [6]. Der begabte Junge beginnt 1882 das Studium an der Rigaer Polytechnischen Lehranstalt [6, 7, 8].

Besonders war es die Lehrer- und Forscherpersönlichkeit des jungen Rigaer Professors Wilhelm Ostwald, die Paul Walden fesselte und seine Arbeitsrichtung nachhaltig beeinflusste. 1885 wurde er Assistent für Physik, und 1886 für Chemie bei Ostwald. 1886 bittet P. Walden seinen Lehrer um ein Thema für eine erste wissenschaftliche Arbeit. Ohne große Überlegung und Bedenken sagt Ostwald „Prüfen Sie doch das Verhalten mehrsauriger Basen gegenüber ein- und mehrbasigen Säuren durch die Bestimmung des molekularen elektrischen Leitvermögens etwa zwischen den Verdünnungen von 32 bis 1024 Litern“ [15].

Als Ergebnis dieser Arbeit erscheint 1887 ein Artikel von P. Walden im ersten Band der Zeitschrift für physikalische Chemie, der die berühmt gewordene Ostwald-Waldensche Regel enthält. Nach Ostwalds Berufung nach Leipzig wandte sich Walden unter dem Einfluß von Ostwalds Nachfolger K. A. Bischof der Stereochemie zu, dem Teilgebiet der Chemie, das sich mit der räumlichen Konfiguration der Moleküle beschäftigt.

1895/96 gelang Walden eine Entdeckung, die sogenannte Walden'sche Umkehrung, die ihm sofort Welt-ruf einbrachte. Die Walden'sche Umkehrung beinhaltet die Tatsache, daß „ausgehend von einem einheitlichen optisch aktiven und mit nur einem Kohlenstoffatom

begabten Körper...unter Anwendung von optisch-inaktiven, chemisch verschiedenen wirkenden Agenzien, bei relativ niedrigen Temperaturen, zweierlei aktive Substitutionsprodukte, d. h. die beiden optischen Antipoden zu gewinnen sind“ [9]. S. 20/21

Optisch aktive Substanzen bewirken eine Links- oder Rechtsdrehung der Polarisationssebene des Lichtes. Das Walden'sche Phänomen wurde sogleich bei seiner Veröffentlichung beachtet und bewertet (z. B. durch W. Ostwald 1896), zumal es im Widerspruch zur damals geltenden Regel stand. Diese besagte, daß ein optisch aktiver Körper und das aus ihm abgeleitete Derivat



Abb. 1  
Paul Walden (1863–1957)

ein und dieselbe Drehungsrichtung haben oder bei dem Derivat Razemisation (optische Inaktivität) eintritt.

So kam Walden 1919 schon als eine bekannte Persönlichkeit auf naturwissenschaftlichem Gebiet an die Rostocker Universität. In einem Schreiben an P. Walden, der sich z. Z. auf Schloß Remplin befand, heißt es: „Ministerium gestattet sich, freigewordenen ord. Lehrstuhl für anorganische Chemie unter folgenden Bedingungen anzutragen: 1. Vorlesungen über allgemeine und anorganische Chemie, Pharmazie, analytische Chemie und 2. Leitung des Instituts“ [8].

P. Walden vertrat als Anorganiker eine ausgesprochen physikalisch-chemische Richtung. Er gründete eine eigene physiko-chemische Abteilung im chemischen Institut. Als ersten Mitarbeiter in dieser Abteilung gewann er H. Danneel von der TH Berlin. Später besetzte er die zugelassene Assistentenstelle mit seinem Schüler H. Ulich.

Waldens wissenschaftliche Tätigkeit in Rostock lag auf dem Gebiet der Elektrolytlösungen in nichtwässrigen Lösungsmitteln, der er sich seit etwa 1910 systematischen Studien widmete. Neben dem umfangreichen Buch „Elektrochemie nichtwässriger Lösungen“ [14], das über die gesamten eigenen Untersuchungen berichtet, entstand ebenfalls 1923 „Molekulargrößen von Elektrolyten in nichtwässrigen Lösungsmitteln“ [13].

Das chemische Institut entwickelte eine große Leistungsfähigkeit. Waldens internationale Anerkennung drückt sich auch in zahlreichen Einladungen zu Kongressen in der ganzen Welt aus. Er war Mitglied von 6 Akademien der Wissenschaften, 4facher Ehrendoktor und Ehrenmitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der Londoner Chemischen Gesellschaft. Nach seiner Emeritierung tritt P. Walden mit Vorträgen (z. B. im ehemaligen Rostocker Stadttheater) und Büchern zur Geschichte der Chemie und zum Thema „Goethe und die Naturwissenschaften“ an die Öffentlichkeit.

Paul Walden, der sicher zu den ganz großen Vertretern der Elektrochemie zählt, hat in seinem Leben viele persönliche Enttäuschungen und Schicksalsschläge hinnehmen müssen. Dazu hat zweifellos auch seine besonders in höherem Alter zunehmend inkonsequente und schwankende politische Haltung beigetragen. Während seine Haltung bis 1919 noch für einen progressiven Vertreter der liberalen Intelligenz Rußlands typisch ist, stellt er sich während der revolutionären Ereignisse in Riga auf die Seite der Sowjetmacht. Er übernimmt den Auftrag zur Organisation der Lettischen Universität auf der Basis der bisherigen Polytechnischen Lehranstalt und wird von der Sowjetregierung Lettlands als ihr erster Rektor eingesetzt. Gleichzeitig erfüllt er einige verantwortliche Aufträge der Sowjetregierung zur Entwicklung einer chemischen Industrie. Der damalige Vorsitzende der Regierung Sowjetlettlands Peter Stutchka hat Waldens Arbeit persönlich sehr hoch eingeschätzt [6]. Nach Errichtung der bürgerlich-nationalistischen Macht in Lettland emigriert er nach Deutschland. Später folgt er dem Einfluß der deutsch-national chauvinistischen Propaganda, die sich besonders in seinen historischen Werken widerspiegelt. Durch die Kriegsfolgen mittellos und vereinsamt, stirbt er 1957 im Alter von 93 Jahren in einem Altersheim in Gammertingen bei Tübingen. Es ist ein historischer Fakt, daß Paul Walden die ersten Brücken zwischen der jungen Lettischen Universität Riga und der traditionsreichen Rostocker Universität geschlagen hat und damit die heutige feste Freundschaft und Zusammenarbeit beider Universitäten begründen half.

#### 4. Hermann Ulich

##### 4.1 Lebensdaten

13. 1. 1895	in Dresden geboren
1914	Studium der Naturwissenschaften in Freiburg, Unterbrechung wegen des 1. Weltkrieges, schwere Verwundung im April 1918, die er mit großer Energie überwand.
1919	Wiederaufnahme des Studiums an der TH Dresden
1920	Verbandsexamen an der TH Dresden



- 1921 Übersiedlung an die Universität Rostock, um in den folgenden 3 Semestern eine Dissertation bei P. Walden anzufertigen
- 1922 Promotion bei P. Walden mit summa cum laude zum Dr. phil.
- 1923 Assistent I. Klasse an der physikalisch-chemischen Abteilung des chemischen Instituts der Universität Rostock
- 1926 Habilitation an der Universität Rostock
- 1926 Erteilung der venia legendi (Lehrbefugnis) für das Fach physikalische Chemie, Privatdozent
- 1930 außerplanmäßiger außerordentlicher Professor an der Universität Rostock
- 1934 Ruf an die TH Aachen angenommen. Ernennung zum o. Professor für physikalische Chemie an der Fakultät für Stoffwirtschaft der TH Aachen
- 1940 ord. Professor an der TH Karlsruhe
14. 4. 1945 in Öhrungen Württemberg im Alter von 50 Jahren verstorben

#### 4.2 Wissenschaftliche Tätigkeit

Während seiner Rostocker Zeit fertigte H. Ulich anerkannte wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrolytforschung an [18, 19]. Besonders beschäftigte ihn die Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen. Das Thema seiner Dissertation lautete „Leitfähigkeitsmessungen bei 0°, 18° und 100 °C an verdünnten wässrigen Lösungen von Salzen einwertiger Ionen“, die Habilitationsschrift ist überschrieben mit „Über die Beweglichkeit der elektrischen Ionen“. P. Walden schätzt die Arbeit als „durchaus zeitgemäß und äußerst wertvoll und auf große gesetzmäßige Zusammenhänge eingestellt“ [8] ein.

Bis 1934 verfaßt H. Ulich zahlreiche Veröffentlichungen über Experimentalarbeiten zur elektrolytischen Leitfähigkeit, Dielektrizitätskonstanten, Salzschnmelzen und fertigt kritische Zusammenfassungen der Theorie über die Dissoziation in Lösungen (besonders über den Zusammenhang zwischen Ionenbeweglichkeit und innerer Reibung) an [19].

Viel Zeit nahm die Zusammenarbeit mit W. Schottky zur Abfassung eines Lehrbuches über die gesamte Thermodynamik in Anspruch. Das gemeinsam von W. Schottky und C. Wagner erarbeitete umfangreiche Werk „Thermodynamik“ erschien 1929 in Berlin, im Vorwort sagt Schottky „Ulich war mir zugleich Schüler und Lehrer. Er ersetzte durch Sach- und Literaturkenntnisse meine fehlenden chemischen Kenntnisse“ [17]. Dieses Buch hat internationale Anerkennung gefunden und gilt noch heute als ein Standardwerk auf dem Gebiet der Thermodynamik.

1930 brachte H. Ulich ein eigenes Lehrbuch über chemische Thermodynamik heraus [18]. Als Privatdozent kündigte H. Ulich seit dem Wintersemester 1926/27 Vorlesungen über physiko-chemisches und chemisch-technisches Rechnen, Thermochemie und Elektrochemie an. Beliebt waren seine Seminarübungen über Elektrolytlösungen und die Physikalische Chemie für Naturwissenschaftler und Mediziner. Für Studenten und interessierte Rostocker Bürger hielt Ulich öffentliche Vorlesungen an Sonntagen. Ein Thema lautete z. B. „Die Bedeutung der Röntgenstrahlungsforschung“.

Die Arbeit von H. Ulich in Rostock hat möglicherweise etwas im Schatten seiner überragenden Fach-

kollegen P. Walden und W. Schottky gestanden. Es soll deshalb noch einmal betont werden, daß H. Ulich einen eigenständigen und wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der physikalischen Chemie und speziell zur Elektrolytforschung geleistet hat, der eine weite Anerkennung gefunden hat.

#### 5. Walter Schottky

##### 5.1 Lebensdaten

23. 7. 1886 Als Sohn des Mathematikers Friedrich Schottky in Zürich geboren.
- 1903 Der Vater erhält eine Professur in Berlin und wird später auch Mitglied der Akademie.
- 1904 Schottky legt sein Gymnasialabitur in Berlin ab.
- 1904/09 Mathematische und physikalische Studien an der Berliner Friedrich-Wilhelm-Universität.
- 1912 Promotion „Über relativtheoretische Energetik und Dynamik“ Gutachter: M. Planck und F. Rubens
- 1912/14 Experimentelle und theoretische Untersuchungen über Raumladungen von Röhren an der Universität Jena.
- 1914/15 Wissenschaftliche Arbeit in Berlin
- 1916/19 Wissenschaftlicher Mitarbeiter (Obering.) der Firma Siemens & Halske.
- 1920 Habilitation über „Thermodynamik der seltenen Zustände“, in Würzburg, Privatdozent an der dortigen Universität.
- 1923 Berufung zum a. o. Professor für theoretische Physik an der philosophischen Fakultät der Universität Rostock.
- 1926 Ernennung zum Ordinarius der Universität Rostock
- 1927 Schottky scheidet auf eigenen Wunsch aus dem Lehrkörper der Universität Rostock aus und wird wissenschaftlicher Berater bei Siemens & Halske in Berlin
- 1929 Im Springer-Verlag erscheint das unter Mitwirkung von H. Ulich und C. Wagner entstandene Werk „Thermodynamik“.
- 1936 Verleihung der Hughes Medal der Royal Society in London.
- 1944 Übersiedlung nach Pretzfeld/Oberfranken
- 1946 Vertragsmitarbeiter des Siemenskonzerns
- 1951 Dr. h. c. der TH Darmstadt
- 1959 Dr. h. c. der Technischen Universität in Westberlin.

##### 5.2 Wissenschaftliche Tätigkeit

Walter Schottky war eine Forscherpersönlichkeit, die auf vielen Gebieten der Physik wesentliche Beiträge lieferte. Dieser „tiefgründige Denker“, wie ihn A. Sommerfeld charakterisierte, erhielt seine vorzügliche Ausbildung an der Berliner Humboldt-Universität, wo er Vorlesungen in Experimentalphysik bei E. Warburg und P. Drude, in theoretischer Physik bei M. Planck, in Chemie bei Landolt und Nernst und in Philosophie bei Paulsen und Riehl hörte.

Die Praktika standen unter Leitung von Blasius und Wehnelt. In den Jahren von 1909 bis 1912 setzte er sich in seiner Promotion mit einigen Gedanken Einsteins aus den Jahren 1906/07 auseinander und diskutierte die philosophischen Konsequenzen der speziellen Relativitätstheorie.



Abb. 2  
Walter Schottky (geb. 1886)

Im physikalischen Institut der Universität Jena begann er mit seinen Arbeiten zu Problemen der Raumladungen in Elektronenröhren, die er und seine Mitarbeiter sowohl auf theoretischem als auch experimentellem Gebiet vorantrieben. Diesen Gegenstand versuchte er in seiner ganzen Komplexität zu ergründen. Schottky untersuchte die Quelle der Raumladungsteilchen und gelang zu Aussagen über die Struktur fester Körper (Schottkydefekt); er versuchte, die Raumladungswolke zu beschreiben, und nahm an der Entwicklung der Methoden der statistischen Physik teil, wobei er auch wesentliche Ergebnisse erzielte (z. B. Gesetze der ambipolaren Diffusion). M. Planck sagte über Schottky: „Im Ganzen darf ich sagen, daß er die Erwartungen, ..., zum Teil voll erfüllt, zum Teil übertroffen hat. Letzteres gilt namentlich von seinen theoretischen Leistungen auf dem Gebiet der Elektronenphysik. Hier hat er bleibende Werte geschaffen, durch originelle Ideen und deren musterhafte konsequente Durchführung. Und was diesen Arbeiten ihren höchsten aktuellen Reiz gibt, ist, daß er bei ihnen stets den Anschluß an die Natur bzw. Technik im Auge behielt, ... Auch auf dem Gebiet der statistischen Mechanik und ihrer Anwendung auf thermodynamische Probleme hat er einige vorzügliche Arbeiten veröffentlicht, ...“ [20].

Besonders in seiner Rostocker Zeit, wo er zunächst als außerordentlicher und ab 1926 als ordentlicher Professor wirkte, galt sein Bemühen einem Problem, worüber er in seinem Lebenslauf schrieb: „... ande-

rerseits erwies sich eine Klärung der begrifflichen Grundlagen und Definitionen der chemischen Statistik als notwendig, um ein ungehindertes Fortschreiten auf dem eingeschlagenen Weg (— der Beschreibung der Ladungswolken — Anm. d. Verf.) zu ermöglichen“ [21]. Rostock mit seinen Traditionen auf dem Gebiet der Elektrolytforschung bot dafür gute Möglichkeiten. Seine erste große Arbeit auf diesem Gebiet stellt seine Würzburger Habilitationsschrift über „Die Thermodynamik seltener Zustände im Dampfraum“ dar, wobei er zu den seltenen Zuständen neben den Ionen, Elektronen, Atomen und Molekülen auch Photonen zählte, und er sich stark von den elektrochemischen Arbeiten Herzfeldt's, des späteren Nobelpreisträgers, beeindruckt zeigte. Weitere Gedanken und Ergebnisse legte er in den Veröffentlichungen „Zur statistischen Fundamentierung der chemischen Thermodynamik“ [22], „Eine Verallgemeinerung der Fowler'schen Verteilungsstatistik“ [23] und „Quasineutrale elektrische Diffusion in ruhenden und strömenden Gasen“ [24] dar. Gleichzeitig erschienen im selben Zeitraum auch weiterhin regelmäßig Beiträge zu den Problemen der Elektronenröhren. Sein Hauptaugenmerk galt in dieser Zeit aber seiner „Thermodynamik“ [17], die er unter Mitarbeit des Rostocker Kollegen H. Ulich und des Berliner Kollegen C. Wagner schrieb und die 1929 im Springer-Verlag erschien.

In den letzten Jahren seiner Rostocker Zeit wurden die Beziehungen des auch experimentell interessierten Schottky, dem A. Einstein bescheinigte, „daß er sich aufs Experimentelle versteht“ [20], zur Siemens & Halske AG enger und ein lukratives Angebot seitens dieser Firma bewirkte sein Ausscheiden aus dem Lehrkörper der Rostocker Universität. Auf den freigewordenen Lehrstuhl wurde der bekannte theoretische Physiker F. Hund berufen, dem 1929 P. Jordan und W. Weizel folgten [25, 26].

Für die Entwicklung der Elektrolytforschung an der Universität Rostock liegt die Bedeutung Schottky's besonders in seinen Arbeiten zur statistischen Begründung der chemischen Thermodynamik, die auch die Vorgänge in Elektrolyten beschreibt, sowie in seinen Beiträgen zur Statistik von Ladungsträgern. Auf diesen Gebieten hat W. Schottky fundamentale Leistungen von bleibendem Wert erzielt.

## 6. Hans Falkenhagen

### 6.1 Lebensdaten

- |             |  |
|-------------|--|
| 13. 5. 1895 | als Sohn eines Bildhauers in Wernigerode/Harz geboren.   |
| 1913        | Beginn des Studiums der Physik, Mathematik und Chemie an den Universitäten Heidelberg, München und Göttingen.        |
| 1921        | Promotion in Göttingen mit summa cum laude. Thema der Dissertation: „Kohäsion und Zustandsgleichung von Dipolgasen“. |
| 1921–1922   | Assistent für technische Physik an der Technischen Hochschule Danzig   |
| 1922–1924   | Assistent für Experimentalphysik an der Universität Köln.  |
| 1924        | Habilitation in Köln. Thema der Habilitationsschrift: „Paschen-Back-Effekt des H-Atoms“.                             |

- 1924–1927 Außerplanmäßiger Lehrauftrag am Institut für theoretische Physik der Universität Köln.
- 1927–1928 Forschungsstipendium zur Arbeit bei P. Debye in Zürich und Leipzig
- 1929 Vorlesungen in Köln.
- 1930 Ernennung zum a. o. Professor für theoretische Physik an der Universität Köln
- 1930–1931 Forschungsaufenthalt in der USA, besonders in Madison an der Universität Wisconsin.
- 1933 Leiter der Abteilung für Elektrolytforschung am Physikalischen Institut der Universität Köln.
- 1936 Berufung zum Direktor des Instituts für theoretische Physik der Technischen Hochschule Dresden.
- 1949 Professor mit Lehrstuhl für theoretische Physik an der Universität Rostock
- 1951 Direktor des neugegründeten Instituts für theoretische Physik.
- 1955 Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Auszeichnung mit dem Nationalpreis III. Klasse.
- 1962 Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina, Halle.
- 1964 Emeritiert. Zum Direktor des Instituts für theoretische Physik wird G. Kelbg berufen.
- 26. 6. 1971 im Alter von 76 Jahren in Rostock verstorben.

## 6.2 Wissenschaftliche Tätigkeit

Der Beitrag von Hans Falkenhagen zum Gebiet der Elektrolytphysik ist sicher ebenso bedeutend wie der von Paul Walden zur Elektrolytchemie. Er gehört neben Peter Debye, Lars Onsager und Erich Hückel zu den Begründern der Elektrolyttheorie. Mehrere Effekte tragen in der wissenschaftlichen Literatur seinen Namen und zahlreiche Veröffentlichungen und Bücher, unter ihnen die Standardwerke „Elektrolyte“ und „Theorie der Elektrolyte“, zeugen von seiner großen Schaffenskraft [27–33]. Falkenhagen ist ein Schüler des Nobelpreisträgers P. Debye, bei dem er 1920 in Göttingen promovierte und als Assistent tätig war. In dieser Zeit beschäftigte sich Falkenhagen mit Problemen der statistischen Mechanik von Dipolgasen. Nach der Berufung Debyes an die Leipziger Universität kommt Falkenhagen über Danzig an die Kölner Universität, wo er als Assistent von Försterling über Optik und Atomphysik arbeitet und über den Paschen-Back-Effekt des H-Atoms habilitiert. Aus dieser Zeit stammen auch zwei Handbuchartikel über die Pyro- und Piezoelektrizität sowie über Dispersion und Absorption. Im Februar 1924 erhielt er von der Philosophischen Fakultät der Universität Köln die „*venia legendi*“ für das Fach „theoretische Physik“. Bestimmend für die weitere Forschungsrichtung Falkenhagens war ein Forschungsaufenthalt in Zürich und Leipzig bei seinem großen Lehrer Peter Debye. Angeregt durch die sogenannten Anomalien starker Elektrolyte hatte Debye in Zusammenarbeit mit seinem Schüler Erich Hückel seit 1923 die Grundlagen einer Theorie



Abb. 3  
Hans Falkenhagen (1895–1971)

der Elektrolyte und insbesondere den Begriff der Ionenwolke entwickelt. Während die Debye-Hückelsche statistische Thermodynamik noch heute Gültigkeit besitzt, enthielt die gleichzeitig entwickelte Leitfähigkeitstheorie zunächst unbegründete Approximation, die ein junger norwegischer Physiker, der spätere Nobelpreisträger Lars Onsager 1927 mit einem kühnen Griff zu umgehen wußte. Als Vierter stieß nun Falkenhagen zu der kleinen Elektrolyt-Gruppe, – ihm gelang zunächst mit Debye eine Deutung der Dispersion der Leitfähigkeit [34], eine qualitative Theorie des Wieneffektes [35] und als Krönung seiner Bemühungen auch eine Theorie der Viskosität [36] der starken Elektrolyte. Die Debye-Hückel-Onsager-Falkenhagen-Theorie war wegweisend nicht nur für die Elektrolytphysik, sondern darüber hinaus für die gesamte Theorie der Flüssigkeiten, da hier erstmalig konkrete Probleme mit der Konzeption der binären Verteilungsfunktionen behandelt werden. Diese Methode war für die statistische Mechanik von bahnbrechender Bedeutung.

Dem Elektrolytgebiet hielt Falkenhagen sein ganzes weiteres Forschungsleben die Treue. Ein Markstein ist die Berufung Falkenhagens 1949 an die Universität Rostock, wo er nicht nur 1951 das Institut für theoretische Physik gründet, sondern darüber hinaus den Grundstein zu einer Rostocker Schule für die Theorie der Elektrolyte legt, aus der inzwischen Hunderte von Arbeiten hervorgegangen sind. Die Rostocker Arbeiten von Falkenhagen und seiner Schule sind insbesondere der Ausdehnung der Theorie der Elektrolyte auf höhere Konzentrationen und den statistischen Grundlagen der Theorie gewidmet [29, 30]. Daneben werden auch experimentelle Arbeiten durchgeführt [28]

und eine umfangreiche Sammlung experimenteller Daten für das Tabellenwerk LANDOLT — BÖRNSTEIN erarbeitet. Charakteristisch für den Forscher Falkenhagen ist das Streben nach einer engen Verbindung der theoretischen Untersuchungen mit den experimentellen Fakten. Er liebte nicht abstrakte Theorien, soweit diese nur um ihrer selbst betrieben werden und betrachtete skeptisch jedes „Formelgestrüpp“ ohne erkennbare Beziehung zum Experiment. Stets fragte er nach der physikalischen Bedeutung und nach der Übereinstimmung mit Meßdaten. Falkenhagen war nicht nur ein hervorragender Hochschullehrer, sondern auch eine Persönlichkeit von großer menschlicher Wärme und Ausstrahlungskraft. Er sammelte eine ständig wachsende Gruppe von Nachwuchswissenschaftlern um sich und begeisterte sie für die Elektrolytforschung, so daß sich Rostock unter seiner Leitung immer mehr zu

einer anerkannten Forschungsstätte für die Theorie der Flüssigkeiten und speziell der Theorie der Elektrolyte entwickelte. Aus der Schar seiner Schüler ist inzwischen eine ganze Reihe von sozialistischen Hochschullehrern und Forschern hervorgegangen, die an der Universität Rostock und anderen Einrichtungen der DDR tätig sind; zu seinen Schülern gehören u. a. Schmutzer in Jena, Jacob und Kremp in Güstrow, Kelbg, Gerdes, Ulbricht, Kraeft und Ebeling in Rostock. Falkenhagens hervorragende Leistungen wurden u. a. durch die Wahl zum ordentlichen Mitglied der Akademie der Wissenschaften, der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina und durch die Verleihung des Nationalpreises der DDR gewürdigt. Die von ihm begründete Tradition wird heute von seinen Schülern an der Sektion Physik der Universität Rostock fortgesetzt.

### Zusammenfassung

Die Elektrolytforschung ist eine interdisziplinäre Forschungsrichtung von weitreichender Bedeutung für Naturwissenschaften und Technik. Ihre Traditionen an der Universität Rostock gehen auf die Untersuchungen von Joachim JUNGIUS im 17. Jahrhundert zurück und werden zu Beginn des 20. Jahrhunderts durch den Physiker Adolf HEYDWEILLER (1856—1925) neu belebt. Nach der Berufung des berühmten Paul WALDEN (1863—1957); (vormaliger erster Rektor der Lettischen Universität Riga), im Jahre 1919 nach Rostock, entwickelt sich ein internationales Zentrum für Elektrochemie, zu dessen bekanntesten Vertretern Hermann ULICH (1895—1945) zählt. Auf den Lehrstuhl für theoretische Physik wird 1923 der bekannte Physiker Walter SCHOTTKY (geb. 1868) berufen und es entwickelt sich eine fruchtbare Zusammenarbeit der Chemiker und Physiker aus der u. a. das Standardwerk „Thermodynamik“ hervorging. Nach 1949 verlagert sich durch die Berufung von Hans FALKENHAGEN (1895 bis 1971) auf den Lehrstuhl für theoretische Physik der Schwerpunkt der Elektrolytforschung auf die Theorie der Elektrolyte. Dieser zu den Begründern der Elektrolyttheorie zählende bedeutende Forscher legt die Grundlagen für die heute an der Sektion Physik durchgeführten Arbeiten über Flüssigkeitsphysik.

### Резюме

Исследование электролитов представляет собой междисциплинарное исследовательское направление, имеющее далеко идущее значение для естественных наук и техники. Традиции этих исследований в Ростокском Университете исходят из проведенных в XVII веке исследований JOACHIM JUNGIUS и вновь оживляются в начале XX века физиком ADOLF HEYDWEILLER (1856—1925). После приглашения известного химика PAUL WALDEN (1863—1957); (бывший ректор латвийского Рижского Университета) в 1919 году в г. Росток, происходит создание международного центра по электрохимии, причем к наиболее выдающимся представителям следует отнести HERMANN ULICH (1895—1945). На кафедру теоретической физики приглашается в 1923 году известный физик WALTER SCHOTTKY (родился в 1868 г.) и вот возникает и развивается плодотворное сотрудничество химиков и физиков, что по-

служило для создания, в том числе, и такого труда, как «Термодинамика». После 1949 г., благодаря назначению HANS FALKENHAGEN (1895—1971) на кафедру теоретической физики, первоочередной задачей исследований электролитов становится теория электролитов. Этот известный ученый, относящийся к основателям теории электролитов, закладывает основы для проводимых в настоящее время секцией физики работ по темам физики жидкостей.

### Summary

Electrolyte research is an interdisciplinary field of research of far-reaching importance for both science and technology. Its traditions at Rostock university trace back to the studies made by JOACHIM JUNGIUS in the 17th century and were revived by the physicist ADOLF HEYDWEILLER (1856—1925) at the beginning of the 20th century. After, in 1919, the famous chemist, PAUL WALDEN (1863—1957), the former first Rector of the Latvian University of Riga, had been called to Rostock, the University became an international centre for electro-chemistry, HERMANN ULICH (1895—1945) belonging to its most famous representatives. The well-known physicist WALTER SCHOTTKY (born 1868) was called to the chair of theoretical physics in 1923, whereupon fruitful cooperation developed between chemists and physicists and resulted i.a. in the publication of the standard work "Thermodynamics". As a result of the appointment of HANS FALKENHAGEN (1895—1971) to the chair of theoretical physics in 1949, the main attention of electrolyte research was shifted to the theory of electrolytes. This important scientist who is considered to be one of the founders of the theory of electrolytes laid the basis for the work in the field of physics of liquids which is currently being carried out at the section of physics.

### Résumé

La recherche dans le domaine de l'électrolyte est un champ de recherches interdisciplinaire d'une importance considérable pour les sciences naturelles et physiques et pour la technique. Ses traditions à l'université de Rostock remontent aux recherches effectuées par JOACHIM JUNGIUS au 17<sup>e</sup> siècle et ont été à nou-



veau stimulées au début du 20<sup>e</sup> siècle par le physicien ADOLF HEYDWEILLER (1856–1925). Après la nomination à Rostock du célèbre chimiste PAUL WALDEN (1863–1957), ancien premier recteur de l'université lettonne de Riga, en 1919, on assista au développement d'un centre d'électrochimie international; parmi ses représentants les plus éminents, HERMANN ULICH (1895–1945). En 1923, c'est le célèbre physicien WALTER SCHOTTKY (né en 1886) qui est nommé à la chaire de physique théorique. Une collaboration fructueuse entre

chimistes et physiciens se développe, d'où naquit entre autres l'oeuvre standard «Thermodynamique». Après 1949, à la suite de la nomination de HANS FALKENHAGEN (1895–1971) à la chaire de physique théorique, c'est la théorie de l'électrolyte qui devient le centre de gravité de la recherche sur l'électrolyte. Ce chercheur remarquable qui compte parmi les fondateurs de la théorie de l'électrolyte, a créé les bases des travaux sur la physique hydraulique effectués actuellement dans la section de physique.

## Literatur

- /1/ HEIDORN, G., HEITZ, G., KALISCH, J., OLECHNOWITZ, K. F., SEEMANN, U.: Geschichte der Universität Rostock 1919–1969. Festschrift zur 550-Jahr-Feier der Universität
- /2/ VOGEL, H. (Hrsg.), Joachim Jungius u. Moritz Schlick: Rostocker Philosoph. Manuskripte 81. Rostock 1970
- /3/ Personalakte Adolf Heydweiller; Archiv der Universität Rostock
- /4/ HEYDWEILLER, A.: Über physikalische Eigenschaften von Lösungen in ihren Zusammensetzungen. I. Dichte und elektr. Leitvermögen wässriger Salzlösungen. Ann. d. Phys. **30** (1909) 873; **31** (1910) 1063  
II. Oberflächenspannung und elektr. Leitvermögen wässriger Salzlösungen. Ann. d. Phys. **33** (1910) 145  
III. Die Dichtemodelle der Ionen im Wasser. Ann. d. Phys. **37** (1912) 739  
IV. Refraktion, Dispersion und Dissoziation von Salzen im Wasser. Ann. d. Phys. **41** (1913) 499  
V. Ultraviolette Dispersion von Salzen im Wasser. Ann. d. Phys. **49** (1916) 653
- /5/ HEYDWEILLER, A.: Neutralisationswärme und Quantentheorie. Ann. d. Phys. **48** (1915) 681
- /6/ STRADIN, J. P.: Zur Biographie von Paul Walden. In: Aus der Geschichte der Naturwissenschaft und Technik im Pribaltikum, Bd. 1 (Hrsg. P. I. Valeskaln). (In Russ.) Riga 1968
- /7/ SCHOTT, G.: Zur Geschichte der Chemie an der Universität Rostock. Wiss. Z. Univ. Rostock, Math. Nat. Reihe, **18** (1959) 981
- /8/ Personalakte Paul Walden: Archiv d. Univ. Rostock
- /9/ WALDEN, P.: Optische Umkehrerscheinungen, Braunschweig 1919
- /10/ BODENSTEIN, M.: Paul Walden zum 70. Geburtstag. Zeitschrift für Elektrochemie **39** (1933) 661
- /11/ WALDEN, P.: Notes from a Life of a Chemist. J. of Chemical Education **28** (1951) 160
- /12/ WALDEN, P.: Berl. Ber. **28** (1895) 2769
- /13/ WALDEN, P.: Molekulargrößen von Elektrolyten in nichtwässrigen Lösungsmitteln. Dresden und Leipzig 1923
- /14/ WALDEN, P.: Elektrochemie nichtwässriger Lösungen. Leipzig 1923
- /15/ WALDEN, P.: Erinnerungen an W. Ostwalds Rigaer Professorentätigkeit 1881–1887. Angew. Chemie **65** (1953) 511
- /16/ Personalakte Hermann Ulich, Archiv d. Univ. Rostock
- /17/ SCHOTTKY, W., ULICH, H., WAGNER, C.: Thermodynamik. Berlin 1929
- /18/ ULICH, H.: Chemische Thermodynamik. Dresden und Leipzig 1930
- /19/ ULICH, H.: Besonderheiten im Leitfähigkeitsverhalten nichtwässriger Lösungen. Zeitschrift f. Elektrochemie **39** (1933) 483
- /20/ Personalakte Walter Schottky, Archiv der Universität Rostock
- /21/ SCHOTTKY, W.: Die Thermodynamik seltener Zustände im Dampfraum. Ann. Phys. **62** (1920) 113
- /22/ SCHOTTKY, W.: Zur statistischen Fundamentierung der chemischen Thermodynamik. Ann. Phys. **68** (1922) 481
- /23/ SCHOTTKY, W.: Eine Verallgemeinerung der Fowlerschen Verteilungstheorie. Ann. Phys. **78** (1925) 434
- /24/ SCHOTTKY, W.: Quasineutrale elektrische Diffusion in ruhenden und strömenden Gasen. Z. f. Physik **31** (1925) 163
- /25/ JACOB, H.: Die theoretische Physik in Rostock: Wiss. Z. d. Univ. Rostock MNR **11** (1952) 179
- /26/ KELBG, G., KRAEFT, W. D.: Die Entwicklung der theoretischen Physik in Rostock. Wiss. Z. d. Univ. Rostock MNR **16** (1967) 839
- /27/ KELBG, G.: Dem Elektrolytforscher Prof. Dr. Hans Falkenhagen zum 70. Geburtstag am 13. Mai 1965. Wiss. Z. d. Univ. Rostock, Math. Nat. Reihe **14** (1965) 235
- /28/ JACOB, H. P.: Die experimentellen Arbeiten des Instituts für theoretische Physik. Wiss. Z. Univ. Rostock MNR **14** (1965) 247
- /29/ ULBRICHT, H.: Das wissenschaftliche Werk von Hans Falkenhagen. Wiss. Z. Univ. Rostock, Math. Nat. Reihe **14** (1965) 239
- /30/ KELBG, G.: Hans Falkenhagen und die Entwicklung der Elektrolytheorie, Wiss. Z. Univ. Rostock, MNR **14** (1965) 319
- /31/ KELBG, G.: Hans Falkenhagen 70 Jahre alt. Forschungen und Fortschritte **39** (1965) 155
- /32/ FALKENHAGEN, H.: Elektrolyte. 1. Aufl. Leipzig 1932. 2. Aufl. Leipzig 1953. Engl. Übers. Oxford 1934, Russ. Übers. Moskau 1935.
- /33/ FALKENHAGEN, H. (unter Mitwirkung von W. Ebeling und mit einem Anhang von H. G. Hertz): Theorie der Elektrolyte. Leipzig 1971
- /34/ DEBYE, P., FALKENHAGEN, H.: Dispersion der Leitfähigkeit starker Elektrolyte. Z. f. Elektrochemie **24** (1928) 562
- /35/ FALKENHAGEN, H.: Zur Theorie der Gesamtkurve des Wien-Effektes. Phys. Zeitschrift **30** (1929) 163
- /36/ FALKENHAGEN, H.: Das Wurzelgesetz der inneren Reibung starker Elektrolyte. Z. phys. Chem. (Leipzig) **B 6** (1929) 159

Verfasser: Prof. Dr. rer. nat. habil. Werner Ebeling  
Forschungsstudent Peter Jakubowski  
Student Reinhard Mahne  
Student Eberhard Rogmann  
Sektion Physik  
der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock